

Установлено, что экстракционное выщелачивание при $T:Ж=1:10$; $t=50\text{ }^{\circ}\text{C}$; $\tau=1\text{ ч}$ механически активированного эвдиалитового концентрата обеспечивает максимальное извлечение РЗМ на уровне 65,29 %, что связано с наличием в эвдиалитовом концентрате РЗМ-содержащего минерала - лопарита, который при данных режимах не вскрывается. Подтвержден ранее обнаруженный в работе [3] факт снижения извлечения РЗМ в раствор с увеличением продолжительности механоактивации. Впервые определены энергетические параметры структурных нарушений связанные с изменением параметров кристаллической решетки эвдиалита (ΔE_d), размеров ОКР и микродеформаций ($\Delta E_{s+\varepsilon}$), обеспечивающие максимальное извлечение РЗМ из эвдиалитового концентрата в раствор при выбранных режимах выщелачивания.

Литература

1. Chizhevskaya S.V., Chekmarev A.M., Klimenko O.M. et al. // Hydrometallurgy'94. Chapman and Hall.1994.P.219-228
2. Chizhevskaya S.V., Povetkina M.V., Chekmarev A.M. and M. Cox // Proc. of ARS Separation. Poland (1996).P.69-70
3. Chizhevskaya S.V., Chekmarev A.M. , Povetkina M.V. et al. // Absract of ISEC'99. Barselona, Spain.1999. P.241
4. Чекмарев А.М. Сольвометаллургия – перспективное направление металлургии редких и цветных металлов. – М.: ЗАО «Издательство Атомэнергоиздат», 2004. -190 с.
5. Богатырева Е. В. Эффективность применения механоактивации. — М. : НИТУ «МИСиС», 2017. — 334 с.

УДК 669.712

ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ СОВМЕСТНОЙ ПЕРЕРАБОТКИ НЕФЕЛИНОВОЙ РУДЫ С ДОБАВКОЙ ЗОЛЫ ТЕПЛОЭЛЕКТРОСТАНЦИЙ

И.И.Шепелев¹, А.Ю. Сахачев², Е.Ю. Жуков², А.В.Александров³

¹ НИО ООО «ЭКО-Инжиниринг», г.Ачинск, Россия, Ekoing@mail.ru; ²АО «РУСАЛ Ачинск», г.Ачинск, Россия, agk@rusal.com; ³ОП ООО «РУСАЛ ИТЦ», г.Ачинск, Россия, aleksandrov82.alexander@yandex.ru

В работе проведена оценка возможности использования в качестве алюминийповышающей добавки в известняково – нефелиновую шихту золы теплоэлектростанции. Использование золы в качестве добавки в глиноземную сырьевую шихту становится возможным из-за сходства ее химических характеристик с нефелиновой рудой и повышенным содержанием в ней глинозема [1, 2]. Содержание глинозема в золе различных теплоэлектростанций колеблется от 27 до 35%.

Шихты для спекания составляли на основе нефелиновой руды Кия-Шалтырского месторождения, известняка Мазульского месторождения, белого шлама, образующегося в процессе обескремнивания алюминатных растворов. Дозировка белого шлама составляла 10 % от веса рудной смеси по сухим материалам. В качестве корректирующей добавки использовали химически чистую соду. Химический состав исходных материалов, использованных для спекания лабораторных нефелиновых шихт с золой электростанции Ново-Иркутской ТЭЦ и дозировка сырьевых компонентов на 100 г рудной смеси приведены в табл.1 и 2.

Таблица 1

Химический состав материалов, использованных для спекания шихты

Материал	Содержание основных компонентов в пересчете на окислы, %								
	Na ₂ O	MgO	Al ₂ O ₃	SiO ₂	K ₂ O	CaO	Fe ₂ O ₃	R ₂ O	nnn
Нефелиновая руда	10,60	1,61	26,52	40,18	2,68	7,99	4,77	12,37	4,24
Известняк	0,13	0,50	0,26	0,80	0,09	54,00	0,39	0,19	43,10
Белый шлам	9,58	0,40	20,91	12,08	2,37	24,80	0,90	11,14	26,60
Зола	0,68	1,60	29,07	55,60	0,23	5,60	6,18	0,83	0,00

Дозировку компонентов шихты производили с учетом соблюдения молекулярных отношений в спеке: CaO/SiO₂ = 1,92; (Na₂O+K₂O)/Al₂O₃ = 1,07.

Таблица 2

Дозировка сырьевых компонентов на 100 г рудной смеси, г

Материал	Нефелиновая руда	Зола	Белый шлам	Известняк	Сода	Всего
Шихта исходная без ввода золы	100	-	10	121,37	8,74	240,11
Шихта с добавкой золы 3%	97	3	10	123,08	9,42	242,50
Шихта с добавкой золы 10%	90	10	10	127,09	11,00	248,09

Химический расчетный состав приготовленных шихт представлен в табл. 3.

Таблица 3

Расчетный химический состав шихт

Материал	Содержание основных компонентов в пересчете на окислы, %								
	Na ₂ O	MgO	Al ₂ O ₃	SiO ₂	K ₂ O	CaO	Fe ₂ O ₃	R ₂ O	ппп
Шихта исходная без золы	7,00	0,94	12,05	17,64	1,26	31,66	2,22	7,84	26,17
Шихта с добавкой золы 3%	6,98	0,93	11,96	17,66	1,22	31,70	2,22	7,78	26,28
Шихта с добавкой золы 10%	6,91	0,92	11,77	17,71	1,12	31,79	2,22	7,66	26,53

Исходные материалы измельчали до крупности – 0,08 мм и шихтовали в соответствии с указанными соотношениями. Далее шихты брикетировали и спекали в камерной электропечи при температурах 1230, 1250 и 1270 °С. Температурный режим спекания: скорость нагрева от 0 °С до 1000 °С – 17 град./мин, от 1000 °С до заданной температуры – 3-5 град./мин; выдержка при заданной температуре – 15 мин. Охлаждение спеков производили вместе с печью. Степень оплавления спека оценивали по величине диаметральной усадки брикетов. Полученные спеки измельчали до крупности – 1мм и выщелачивали по методике стандартного выщелачивания. Расчет извлечения глинозема и щелочей производили по химическому составу.

Зола теплоэлектростанций является бесщелочным сырьем и в сравнении с нефелиновой рудой характеризуется повышенным содержанием диоксида кремния (55,6 %), содержанием железа – 6,18 % и более низким содержанием оксида кальция 5,6 %. Результаты анализа показали, что ввод 3% мас. золы в шихту приводит к увеличению содержания оксида алюминия в спеке на 0,21%, с 16,32 % (без добавки золы) до 16,53% (с добавкой 3% золы), а увеличение дозировки золы в шихту до 10%мас. снижает содержание оксида алюминия в спеке до 16,23 %. Фактическое содержание щелочей в спеке ниже расчетного, что связано с уносом щелочей при спекании. Данные по химическому составу спеков приведены в табл. 3.

Таблица 3

Химический состав спеков

Материал	Содержание основных компонентов в пересчете на оксиды, %							
	Na ₂ O	MgO	Al ₂ O ₃	SiO ₂	K ₂ O	CaO	Fe ₂ O ₃	R ₂ O
Спек исходный без ввода золы	9,49	1,27	16,32	23,89	1,71	42,88	3,01	10,61
Спек (добавка золы-3%)	9,46	1,27	16,53	23,96	1,65	42,99	3,01	10,55
Спек(добавка золы-10%)	9,41	1,25	16,22	24,11	1,53	43,26	3,02	10,42

При добавлении 3 % золы в шихту степень оплавления спеков в интервале температур 1230-1270 °С находится на уровне исходного спека без ввода золы. При добавлении 10 % золы и увеличении температуры спекания до 1270 °С шихта становится более тугоплавкой. Усадка брикета при этом снижается с 23 % до 19,5 %. Таким образом, увеличение дозировки золы требует более высокой температуры спекания, что при повышенном содержании железа в золе может привести к увеличению степени гарнисажеобразования в печах спекания.

Степень извлечения Al_2O_3 из спеков при стандартном выщелачивании с добавкой в шихту 3% золы увеличивалась на 0,3% и составляла 90,3% (при температуре спекания $1270^{\circ}C$), ввод в шихту 10% золы приводил к снижению извлечения Al_2O_3 из спека на 0,3-0,4%.

В процессе исследований были определены расходные коэффициенты при вводе золы в известняково – нефелиновую шихту, которые показывают, что дозировка золы снижает расход нефелиновой руды (табл.4).

Таблица 4

Расходные коэффициенты при вводе золы в сырьевую шихту

Дозировка золы в сырьевую шихту, %	Удельный расход золы, т/т глинозема	Удельный расход нефелиновой руды, т/т глинозема
0	0,000	4,77
1	0,05	4,72
2	0,094	4,67
5	0,234	4,52
10	0,467	4,27

Для проведения опытно-промышленных испытаний золу доставляли на площадку узла приема и загрузки материала, затем через питательный бункер подавали на совместное дробление с рудой для подготовки глиноземной сырьевой шихты. Вовлечение золы в технологический процесс приготовления сырьевой шихты в количестве 1-2% позволяет снизить расход основного сырьевого компонента - нефелиновой руды на 6500-7000 тонн в год. Одновременно при этом осуществляется утилизация складированных отходов теплоэлектростанций, обеспечивается снижение вредного воздействия производства на окружающую природную среду и доизвлекаются из них ценные компоненты.

Вместе с тем, необходимо отметить, что сравнительно низкое содержание щелочей (R_2O) и высокое содержание оксида кремния (SiO_2) в золе Ново-Иркутской ТЭЦ при вводе её в производство глинозема приведет к повышенному расходу известняка и к увеличению циркуляции щелочей в процессе приготовления шихты и спекания, а также ухудшению условий работы зоны сушки печей спекания. Поэтому, на основании полученных результатов лабораторных исследований ввод золы электростанций Ново-Иркутской ТЭЦ в технологию спекания нефелиновых шихт более 3% не целесообразен.

Литература

1. Пат. №2606821.Российская Федерация. Способ переработки нефелиновой руды / И.И.Шепелев, А.Ю.Сахачев, А.Н.Анушенков и др. – заявл. 03.09.2015, опубл.10.01.2017, Бюлл. №1.

2. Шепелев И.И., Пихтовников А.Г., Дашкевич Р.Я., Ребрик И.И., Головных Н.В. Опыт и перспективы использования отходов промышленных предприятий на АГК при комплексной переработке алюминиевого сырья // Сборник докладов IV Междун. Конгресса «Цветные металлы-2012» – 7-9 сентября 2012 г. – Красноярск, 2012. – С.325-328.

3. Малютин Ю.С., Гальперин В.Г. Состояние сырьевой базы алюминиевой промышленности России // Горная Промышленность. – 1996. – № 2. – С.10-12.

4. Арлюк Б.И., Шнеер В.Е. Процессы спекания в производстве глинозема. М.: Металлургия, 1970.- 120с.

5. Петров В.П. Новые небокситовые виды глиноземного сырья. М.:Наука 1982 – 256 с.

6. Пат. № 2213057, Российская Федерация. Способ переработки низкокачественного щелочного алюмосиликатного сырья / В.Д. Семин, В.И. Кирко, З.Ф. Семина и др. – заявл. 30.07.2001, опубл. 27.09.2003. – Бюл. № 27.

УДК 546(075)

СОСТАВ МАГНИТНОЙ ФРАКЦИИ ОБОГАЩЕНИЯ РУД ДАНИЛОВСКОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ

Лебедев В.А., Алексеева К.В.

ФГАОУ ВО «Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина», Россия, e-mail: v.a.lebedev@urfu.ru

При гравитационном обогащении ильменит-циркон содержащих песков в пределах рудной залежи получены следующие показатели:

Выход тяжелой фракции от 12 до 20%, в среднем 15%.

Среднее содержание TiO_2 в тяжелой фракции – 5%.

Легкая фракция песков (около 85% от общей их массы) сложена кварцем, кремнистыми образованиями и полевыми шпатами (микроклином и альбитом).

Тяжелая фракция была подвергнута магнитной сепарации, в результате чего получен концентрат следующего состава, %: Fe 49, Ti 44, Mn 2,4; Si 1,4; Cs 1,2; Zr 1%, V 0,5% [1].

Такой концентрат близок к составам Куранахского :

FeO-47%, TiO_2 -48.5%, MnO-0.6%, SiO_2 -1,7%, CaO-0.55%, V_2O_5 -0,14%

и индийского концентратов, используемых в г. Березники на АО « АВИСМА» филиале Корпорации «ВСМПО-АВИСМА»:

FeO-43%, TiO_2 -45,7%, MnO-0,9%, SiO_2 -1,5%, CaO-0,2%, V_2O_5 -0,27%.

Можно сделать вывод, что полученный концентрат может быть использован в отечественном производстве титана.